

BEWERTUNGSMETHODE FÜR ENERGIEEFFIZIENZMASSNAHMEN UNTER BERÜCKSICHTIGUNG UNSICHERER EINFLUSSGRÖSSEN

Klemens SCHLÖGL, BSc^{1,2} (*), DI Matthias SCHLÖGL¹ (*)

Einleitung

Die Europäische Union hat sich das Ziel gesetzt, ihre CO₂-Emissionen gegenüber jenen aus dem Bezugsjahr 1990 bis zum Jahr 2020 um 20 %, bis 2030 um 30 % und bis 2050 um 85 % zu senken [1]. Das Gelingen dieser europäischen Energiewende hängt angesichts des jährlich steigenden Primärenergiebedarfs von der erfolgreichen Erschließung massiver Energiesparpotentials ab.

Der Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen gehen in der Regel Energieanalysen voraus. Da die Energieflüsse in modernen Gebäuden aufgrund einer Vielzahl von haustechnischen Anlagen sehr komplex sind, ergibt sich für ExpertInnen die Herausforderung, mit vertretbarem Aufwand solide Ergebnisse abzuleiten. Andererseits ist die tatsächliche Umsetzung vorgeschlagener Maßnahmen in hohem Maße von der Nachvollziehbarkeit der Bewertung der möglichen Energieeinsparung abhängig, da Gebäudebetreiber auf eine vertrauenswürdige Entscheidungsgrundlage angewiesen sind. Unsichere Größen, wie beispielsweise das Nutzerverhalten, können einen großen Einfluss auf den berechneten Einsparerfolg einer Energieeffizienzmaßnahme haben (etwa durch rebound-Effekte).

Methodik

Das Bundes-Energieeffizienzgesetz (EEffG) sieht eine stark vereinfachte, pauschalisierte Bewertungsmethode für Maßnahmen vor [2], was zwar den Bewertungsaufwand überschaubar hält, in der Regel allerdings wenig robuste Aussagen über erzielbare Einsparungen zur Folge hat. Im Gegensatz dazu stützt sich die Methodik dieses Papers auf die Vorgaben der ÖNORM EN 16212 „Energieeffizienz und -einsparberechnungen – Top-Down- und Bottom-Up-Methoden“ und unterscheidet zwischen konstanten und unsicheren Eingabeparametern des Bewertungsmodells.

Der Energieverbrauch eines Gebäudes ist in der Regel von einer Reihe von Einflussgrößen abhängig, welche im Vorfeld einer Energieanalyse zu eruieren sind. Nachdem diese Größen bestimmt worden sind, wird mittels Maximum-Likelihood-Methode ein generalisiertes lineares Modell ermittelt, um den zu erwartenden Energieverbrauch in Abhängigkeit seiner Einflussvariablen beschreiben zu können. Abbildung 1 zeigt dies exemplarisch für ein Gebäude, dessen Tagesenergieverbrauch für die Werktagen Montag bis Donnerstag vom Parameter Außentemperatur abhängig ist.

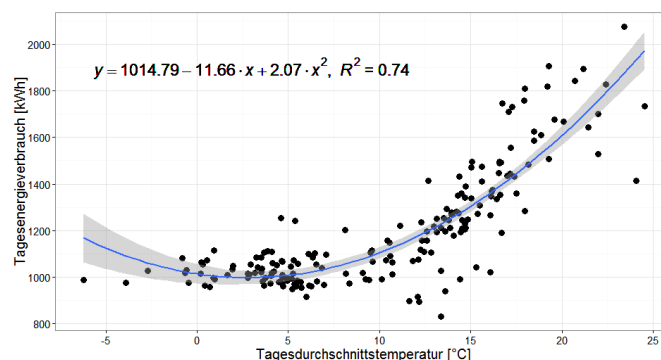


Abbildung 1: Approximationsmodell der Temperaturabhängigkeit des Energieverbrauchs an Werktagen (Montag bis Donnerstag) von der Außentemperatur für ein Beispielgebäude in Wien

¹ e7 Energie Markt Analyse GmbH, Walcherstraße 11/43, 1020 Wien, T: +43 1907 80 26, F: +43 1907 80 26 - 10; klemens.schloegl@e-sieben.at, <http://www.e-sieben.at>

² Institut für Angewandte Physik, TU Wien, Wiedner Hauptstraße 8-10, 1040 Wien

Nach der Identifikation möglicher Einflussgrößen auf den Tagesenergieverbrauch wird mit Hilfe schrittweiser Modellselektion ein finales Approximationsmodell mit den relevanten Einflussgrößen abgeleitet. Somit können natürliche Schwankungen im Energieverbrauch, welche nicht durch Energieeffizienzmaßnahmen bedingt sind, berücksichtigt bzw. modelliert werden.

Um nun diese Unsicherheit der prognostizierten Einspareffekte, welche durch Schwankungen in den identifizierten Einflussgrößen hervorgerufen werden, beurteilen zu können, wird für jene Kalendertage des Baselinejahres (i.e. den Bezugsenergieverbrauch), deren Energieverbräuche eine Abhängigkeit von einem der identifizierten Parameter aufweisen, eine Monte-Carlo-Simulation durchgeführt. Dies kann anschaulich am Beispiel der Außentemperatur erläutert werden: Aus der Klimanormalperiode des Gebäudestandorts ist die Verteilung der Tagesdurchschnittstemperatur der vergangenen 30 Jahre bekannt. Mit deren Hilfe kann nun unter Verwendung des aufgestellten Approximationsmodells mit Hilfe einer Monte-Carlo-Simulation (10.000 Iterationen) eine Verteilung des Tagesenergieverbrauchs gesampelt werden. Aus dieser Verteilung lässt sich nun eine Abschätzung der Unsicherheit von Energieeffizienzmaßnahmen ableiten, indem unter Verwendung geeigneter Grenzen (z. B. Minimum und Maximum bzw. 5 %- und 95 %-Quantil des Samples) Intervalle für die natürliche Schwankungsbreite des Energieverbrauchs zur Verfügung stehen.

Für jede vorgeschlagene Energieeffizienzmaßnahme steht nun als Baseline-Verbrauchsgröße ein Intervall zur Verfügung, in welchem der Energieverbrauch jedes Kalendertages erwartungsgemäß liegt. Zu jeder Maßnahme werden mathematische Modelle angenommen, welche den zu erwartenden Einspareffekt geeignet abbilden. Dabei wird zwischen Eingabeparametern unterschieden, die einen bekannten, festen Wert annehmen (beispielsweise der Anzahl von Lichtpunkten in einem Büroraum), und variablen Größen, die mit einer gewissen Unsicherheit behaftet sind (z. B. die Brenndauer der Leuchtmittel). An die unsicheren Eingabeparameter werden nun passende statistische Verteilungen angepasst. Hierfür wird bevorzugterweise auf bekannte Datensätze (z. B. auf die Bürozeiten von MitarbeiterInnen) zurückgegriffen, in Einzelfällen wird auf ExpertInneneinschätzungen verwiesen. Die Berechnung des Einspareffekts einer Energieeffizienzmaßnahme kann dadurch erneut auf eine Monte-Carlo-Simulation gestützt werden, nachdem die Unsicherheiten der Modellparameter mit Hilfe der gefitteten statistischen Verteilungen berücksichtigt werden können. Als finales Ergebnis der Bewertung erhält man damit statt eines statischen Einzelwerts ein gewisses Intervall, in welchem der zu erwartende Einspareffekt liegt. Dadurch sind robustere Aussagen möglich.

Ergebnisse

In diesem Paper wurde eine konzeptuelle Methode vorgestellt, welche für die Berücksichtigung unsicherer Einflussgrößen bei der Analyse des Energieeinsparpotentials herangezogen werden kann. Aus Erfahrung ist bekannt, dass durch nicht-investive Maßnahmen (wie beispielsweise Betriebsoptimierung von haustechnischen Anlagen) Energieeinsparungen in der Größenordnung von 10 % erreicht werden können [3].

Im Falle von investiven Maßnahmen erlaubt die Schwankungsbreite des berechneten Einspareffekts die Angabe einer minimalen und maximalen Amortisationszeit, welche den GebäudebetreiberInnen als Entscheidungsgrundlage für die Umsetzung dient. Ohne spezielle Kenntnisse der komplexen Energieflüsse eines Gebäudes kann dadurch eine Investitionsentscheidung auf soliderer Grundlage getroffen werden, als dies eine Einzahlangabe darstellen würde. Für organisatorische, nicht-investive Maßnahmen ist die Kosteneinsparung meist von der Motivation und Umsicht der GebäudenutzerInnen abhängig. Wenn diesen allerdings der Einfluss ihres Verhaltens auf den mögliche Rahmen der Einsparung dargestellt werden kann und dieser nicht als verhaltensunabhängiger Einzahlwert präsentiert wird, ist davon auszugehen, dass deren Motivation gesteigert wird und die Maßnahme eine höhere Erfolgsaussicht hat.

Quellen

- [1] Europäische Kommission (2011): Fahrplan für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO₂-armen Wirtschaft bis 2050; URL: http://ec.europa.eu/archives/commission_2010-2014/hedegaard/headlines/topics/docs/com_2011_112_de.pdf; 26.11.2015
- [2] Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft (2015): Anhang zum EEffG, Verallgemeinerte Methoden zur Bewertung von Energieeffizienzmaßnahmen

[3] Rieger, U. Leutgöb, K. u.a. (2014): Re-Commissioning Services, Summary Final Evaluation Report
URL: <http://re-co.eu/node/161>, 30.11.2015